



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV KOVOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ

INSTITUTE OF METAL AND TIMBER STRUCTURES

**OCELOVÁ KONSTRUKCE SKLENÍKU
V BOTANICKÉ ZAHRADĚ**

STEEL STRUCTURE OF GREENHOUSE IN BOTANICAL GARDEN

DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Kateřina Brodová

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. IVAN BALÁZS, Ph.D.

BRNO 2019



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	N3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu	Navazující magisterský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3607T009 Konstrukce a dopravní stavby
Pracoviště	Ústav kovových a dřevěných konstrukcí

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Student	Bc. Kateřina Brodová
Název	Ocelová konstrukce skleníku v botanické zahradě
Vedoucí práce	Ing. Ivan Balázs, Ph.D.
Datum zadání	31. 3. 2018
Datum odevzdání	11. 1. 2019

V Brně dne 31. 3. 2018

prof. Ing. Marcela Karmazínová, CSc.
Vedoucí ústavu

prof. Ing. Miroslav Bajer, CSc.
Děkan Fakulty stavební VUT

PODKLADY A LITERATURA

ČSN EN 1990 Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí

ČSN EN 1991 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí

ČSN EN 1993 Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí

MAREK, Pavel a kol. Kovové konstrukce pozemních staveb. Praha: SNTL – Nakladatelství technické literatury; Alfa, vydavatelství technické a ekonomické literatury, 1985

BUJŇÁK, Ján, VIČAN, Josef. Navrhovanie ocelových konštrukcií. Žilina: Žilinská univerzita v Žiline, 2012, ISBN 978-80-554-0529-2

BUJŇÁK, Ján. Kovové nosné konštrukcie stavieb. Žilina: Žilinská univerzita v Žiline, 2013, ISBN 978-80-554-0643-5

LEDERER, Ferdinand. Priestorové ocelové konštrukcie. Bratislava: Alfa, vydavateľstvo technickej a ekonomickej literatúry, 1981

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

Zpracujte návrh a posouzení nosné ocelové konstrukce skleníku o orientačních půdorysných rozměrech 50 × 50 m umístěného v botanické zahradě v oblasti města Ostravy. Dispoziční řešení navrhnete v souladu s architektonickými a koncepčními požadavky vyplývajícími z účelu objektu. Nosnou konstrukci předběžně navrhnete v několika variantách, z nichž nejvhodnější bude vybrána pro podrobné rozpracování. Posouzení proveďte v souladu s aktuálně platnými normativními dokumenty pro navrhování ocelových konstrukcí.

Požadované výstupy: Předběžný návrh variant řešení včetně jejich porovnání a zhodnocení, technická zpráva shrnující základní charakteristiky navržené konstrukce, statický výpočet hlavních nosných částí vybrané varianty konstrukce, výkresová dokumentace v rozsahu stanoveném vedoucím práce obsahující zejména dispoziční výkresy vybraných konstrukčních dílců včetně charakteristických detailů, orientační výkaz spotřeby materiálu.

STRUKTURA DIPLOMOVÉ PRÁCE

VŠKP zpracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).
2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).

Ing. Ivan Balázs, Ph.D.
Vedoucí diplomové práce

ABSTRAKT

Předmětem diplomové práce je návrh a posouzení ocelové konstrukce skleníku v botanické zahradě na území města Ostravy. Byl navržen šestiúhelníkový půdorys průměru 50 m, nejvyšší bod konstrukce 32,907 m. Celá konstrukce bude vytvořena z dutých kruhových trubek různých profilů. Nosný systém tvoří sloupy a příhradové vazníky. Ztužení konstrukce je pomocí příhradových ztužidel ve 3 rovinách. Jako hlavní materiál konstrukce je použita ocel S355 J0+AR. Opláštění střechy a stěn je ze skleněných panelů ISOTHERM.

KLÍČOVÁ SLOVA

Ocelová konstrukce, šestiúhelník, příhradový vazník, kruhové profily

ABSTRACT

The aim of the diploma thesis is design and assessment of steel structure of greenhouse in botanical garden in Ostrava. The building is designed as a hexagon with a diameter 50 m, the highest point of the construction is 32,907 m. Whole structure will be made of hollow round tubes of different profiles. The support system consist of columns and truss girders. The bracing of the structure is in three levels. Main construction material is steel S355 J0+AR. The covering of the roofs and walls is made of glass panels ISOTHERM.

KEYWORDS

Steel structure, hexagon, truss girder, round profiles

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

Bc. Kateřina Brodová *Ocelová konstrukce skleníku v botanické zahradě*. Brno, 2019. 17 s., 150 s. příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav kovových a dřevěných konstrukcí. Vedoucí práce Ing. Ivan Balázs, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané diplomové práce s názvem *Ocelová konstrukce skleníku v botanické zahradě* je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 10. 1. 2019

Bc. Kateřina Brodová
autor práce

PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci s názvem *Ocelová konstrukce skleníku v botanické zahradě* zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 10. 1. 2019

Bc. Kateřina Brodová
autor práce

PODĚKOVÁNÍ

Ráda bych tímto poděkovala vedoucím diplomové práce Ing. Ivanu Balázsovi, Ph.D za odbornou pomoc, užitečné rady, nápady, ochotu, vstřícný přístup a především čas, který mi v době zpracovávání práce věnoval. Dále bych ráda poděkovala své rodině a přátelům za podporu po celou dobu studia.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

Normativní dokumenty

- [1] ČSN EN 1990 Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí, Praha: Český normalizační institut, 2004
- [2] ČSN EN 1991-1-1 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-1: Obecná zatížení – Objemové tíhy, vlastní a užitná zatížení pozemních staveb, Praha: Český normalizační institut, 2004
- [3] ČSN EN 1991-1-3 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-3 – Obecná zatížení – Zatížení sněhem, Praha: Český normalizační institut, 2004
- [4] ČSN EN 1991-1-4 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-4 – Obecná zatížení – Zatížení větrem, Praha: Český normalizační institut, 2007
- [5] ČSN EN 1993-1-1 Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby, Praha: Český normalizační institut, 2006
- [6] ČSN EN 1993-1-8 Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-8: Navrhování styčníků, Praha: Český normalizační institut, 2006
- [7] ČSN EN 1993-1-8 Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-10: Houževnatost materiálu a vlastnosti napříč tloušťkou, Praha: Český normalizační institut, 2006
- [8] ČSN EN ISO 2553 Svařování a příbuzné procesy – Zobrazování na výkresech – Svarové spoje, Praha: Český normalizační institut, 2014
- [9] ČSN EN ISO 5845-1 Technické výkresy – Zjednodušené zobrazení spojení na výkresech sestavení – Část 1: Základní ustanovení, Praha: Český normalizační institut, 2000

Literatura

- [10] OCELOVÉ TRUBKOVÉ KONSTRUKCE, Prof. Ing. Dr. Josef Wanke – Ing. Luděk Spal, CSc., Praha: SNTL – Nakladatelství technické literatury, 1975
- [11] STRUCTURAL STEEL DESIGN ACCORDING TO EUROCODES, Prof. Ing. František Wald, CSc., prof. Ing. Josef Macháček, DrSc., Ing. Michal Jandera, Ph.D., Ing. Zdeněk Sokol, Ph.D., Dr. Ing. Jakub Dolejš, prof. Ing. Petr Háje, CSc., Praha: Czech Technical University in Prague, 2012

Internetové zdroje

[12] PILGR, M. Kovové konstrukce. Podklady pro navrhování prvků ocelových konstrukcí [online], Brno, 2018; dostupné z <<https://www.fce.vutbr.cz/KDK/pilgr.m/studijni-materialy.htm>>

[13] TZB-info [online] – Provádění ocelových konstrukcí; dostupné z <<https://stavba.tzb-info.cz/ocelove-konstrukce/9241-provadeni-ocelovych-konstrukci>>

[14] TZB-info [online] – Požadavky na rozsah dokumentace výrobců ocelových konstrukcí dle EN 1090-2; dostupné z <<https://stavba.tzb-info.cz/ocelove-konstrukce/13480-pozadavky-na-rozsah-dokumentace-vyrobcu-ocelovych-konstrukci-dle-en-1090-2>>

[15] Šroubové spoje [online]; dostupné z <<http://homel.vsb.cz/~ros11/Ocel/pdf>>



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV KOVOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ

INSTITUTE OF METAL AND TIMBER STRUCTURES

**OCELOVÁ KONSTRUKCE SKLENÍKU
V BOTANICKÉ ZAHRADĚ**

I. TECHNICKÁ ZPRÁVA

DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Kateřina Brodová

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. IVAN BALÁZS, Ph.D.

BRNO 2019

Obsah

1. ÚVOD	2
2. POUŽITÉ NORMATIVNÍ DOKUMENTY	2
3. MATERIÁL	2
4. PŘEDPOKLADY NÁVRHU NOSNÉ KONSTRUKCE.....	3
4.1. METODA NÁVRHU.....	3
4.2. 3D MODEL.....	3
4.3. ZATÍŽENÍ.....	3
5. POPIS KONSTRUKCE	3
5.1. SLOUPY	4
5.2. VAZNÍK.....	4
5.3. VAZNICE	4
5.4. ZTUŽIDLA.....	4
5.5. NOSNÍKY	5
5.6. PAŽDÍKY	5
5.7. STŘEŠNÍ A STĚNOVÝ PLÁŠŤ.....	5
6. KOTVENÍ A ZÁKLADY	5
7. VÝROBA A MONTÁŽ.....	5
8. POVRCHOVÁ ÚPRAVA.....	6
9. ÚDRŽBA KONSTRUKCE	6
10. ZÁVĚR	6

1. ÚVOD

Předmětem diplomové práce je návrh a posouzení ocelové konstrukce skleníku v botanické zahradě na území města Ostravy. Pro optimalizaci byly provedeny dvě varianty s rozdílným konstrukčním řešením ztužení. Z těchto variant byla na základě spotřeby materiálu, údržby a pracnosti provedení vybraná vítězná varianta. Pro obě varianty byl vytvořen model v programu Scia Engineer 17.1 a pro vítěznou variantu následně zpracován statický výpočet.

Vítězná varianta je konstrukce s půdorysem ve tvaru šestiúhelníku o průměru 50 m. Výška v nejvyšším bodě konstrukce je 32,907 m. Nosný systém tvoří sloupy a příhradové vazníky. Ztužení konstrukce je pomocí příhradových ztužidel ve 3 rovinách. Celá konstrukce bude vytvořena z dutých kruhových trubek různých profilů. Jako hlavní materiál konstrukce je použita ocel S355 J0+AR. Opláštění střechy a stěn je ze skleněných panelů ISOTHERM.

2. POUŽITÉ NORMATIVNÍ DOKUMENTY

Návrh ocelové konstrukce byl proveden v souladu s těmito platnými dokumenty:

- ČSN EN 1990 Zásady navrhování konstrukcí
- ČSN EN 1991-1-1 Zatížení konstrukcí – Část 1-1: Obecná zatížení – Objemové tíhy, vlastní a užitná zatížení pozemních staveb
- ČSN EN 1991-1-3 Zatížení konstrukcí – Část 1-3: Obecná zatížení – Zatížení sněhem
- ČSN EN 1991-1-4 Zatížení konstrukcí – Část 1-4: Obecná zatížení – Zatížení větrem
- ČSN EN 1993-1-1 Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby
- ČSN EN 1993-1-8 Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-8: Navrhování styčníků
- ČSN EN 1993-1-10 Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-10: Houževnatost materiálu a vlastnosti napříč tloušťkou

3. MATERIÁL

Hlavním materiálem prvků konstrukce je ocel S355 JR+AR. Materiál šroubových spojů je pevnostní třídy 4.8, 5.8 a 6.8. V ostatních případech spojů budou použity svary půl V a koutové. Všechny profily jsou tvářené za studena. Ocel S355 JR+AR je také použita na styčnickové i patní plechy. Pro kotvení jsou použity chemické kotvy pevnostní třídy 8.8 kotvené do betonových základů třídy C16/20.

4. PŘEDPOKLADY NÁVRHU NOSNÉ KONSTRUKCE

4.1. METODA NÁVRHU

Statické posouzení objektu v rámci práce bylo provedeno dle ČSN EN 1993 „Navrhování ocelových konstrukcí“ na:

- Mezní stav únosnosti – navržení objektu na nejnepříznivější kombinaci návrhových hodnot zatížení (6.10)
- Mezní stav použitelnosti – navržení objektu na nejnepříznivější hodnoty deformací z charakteristických hodnot zatížení (6.14)

4.2. 3D MODEL

Pro zjištění maximálních vnitřních sil byl vytvořen prostorový prutový výpočtový model v programu Scia Engineer 17.1.

4.3. ZATÍŽENÍ

Ocelová konstrukce byla dimenzována na následující zatížení za pomoci programu Scia Engineer 17.1:

- Vlastní tíha – vygenerována programem
- Vlastní tíha střešního a stěnového pláště
 - Skleněné tabule ISOTHERM $g_{s,k} = 40 \text{ kN/m}^2$
- Užité zatížení na střeše
 - Kategorie H – $q_k = 0,75 \text{ kN/m}^2$
- Zatížení sněhem – sněhová oblast II
 - Charakteristická hodnota zatížení sněhem $s_k = 1,0 \text{ kN/m}^2$
- Zatížení větrem – větrná oblast II, kategorie terénu IV
 - Základní rychlost větru $v_{b,0} = 25 \text{ m/s}$
- Stabilitní síly jako osamělá břemena – počítané v rámci ztužidel

5. POPIS KONSTRUKCE

Navrhovaná konstrukce skleníku má šestiúhelníkový půdorys průměru 50 m. Délka jedné stěny je 25 m a výška 20 m. Střešní konstrukce je tvaru komolého jehlanu a na ni usazeného dalšího jehlanu na podstavě. Úhel střešní roviny je roven 22° . Výška v nejvyšším bodě je 33,063 m.

Nosný systém tvoří sloupy a příhradové vazníky. Všechny sloupy jsou kloubově uloženy. Napojení příhradového vazníku na sloup je řešeno také kloubově. Horní a dolní pás vazníku se vyztuží svislicemi a diagonálami, které budou k pásům přivařeny. Ztužení konstrukce je zajištěno pomocí příhradových ztužidel ve 3 rovinách, jak ve stěně, tak ve střeše. Celá konstrukce bude vytvořena z dutých kruhových trubek různých profilů. Všechny profily jsou uzavřeny čelní deskou s případným přivařeným plechem s otvory pro šrouby pro připojení k dalším částem. Opláštění střechy a stěn je ze skleněných panelů ISOTHERM.

5.1. SLOUPY

V objektu se vyskytují dva druhy sloupů. Hlavní sloupy jsou navrženy z profilu TR 559x10 a jsou kloubově uloženy. Výška sloupů po obvodu objektu je 19,884 m, výška vnitřních sloupů je 27,884 m. Vedlejší obvodové sloupy v rovinách stěn šestiúhelníku jsou navrženy z profilu TR 610x16 a jsou také kloubově uloženy. Výška těchto sloupů je 19,884 m. Pro svoji velkou délku budou všechny prvky rozděleny na 3 montážní části, které budou následně na stavbě spojeny tupými svary. Svary budou následně zbroušeny z estetických důvodů po natření konstrukce.

5.2. VAZNÍK

Hlavní příhradový vazník je navržen jako průběžný a je navržen na rozpětí 50 m, rozdělen na 2 montážní dílce. Ostatní příhradové vazníky tvaru trojúhelníku jsou k hlavnímu připojeny šroubově. Všechny příhradové vazníky jsou identické. Horní pás tvoří profil TR 457x12,5 a dolní pás TR 273x8. Na svislice je použit profil TR 48,3x4 a na diagonály 127x4. Jednotlivé pruty jsou k sobě přivařeny koutovými svary. Délka nejdelší montážní části vazníku je 11,966 m.

5.3. VAZNICE

Vaznice jsou navrženy z profilu TR 559x10. Jsou uloženy na příhradových vaznících a nosnících v osové vzdálenosti 3,125 m. Délky vaznic jsou proměnné dle umístění v konstrukci.

5.4. ZTUŽIDLA

Pro ztužení konstrukce jsou použita příhradová ztužidla ve 3 rovinách stěn i střechy. Průřez byl zvolen TR 244,5x12,5. Připojení ztužidel na vedlejší sloupy a nosníky je pomocí styčnickových plechů a šroubů. Délka ztužidel je proměnná dle umístění v konstrukci.

5.5. NOSNÍKY

Nosníky jsou prvky nesoucí vaznice a sloužící k vedení příhradového ztužidla ve střeše. Profil těchto prvků je TR 813x12,5. Na jedné straně jsou kloubově uloženy na vedlejší sloup a na opačné straně jsou uloženy na hlavní vnitřní sloup. Jejich délka je proměnná dle umístění v konstrukci.

5.6. PAŽDÍKY

Paždíky jsou prvky přenášející zatížení od stěnového pláště a větru. Jsou navrženy z profilu 197,3x10 a jsou kloubově uloženy na sloupy. Paždíky jsou uloženy na sloupy v osové vzdálenosti 4 m. Připojení ke sloupům je pomocí styčnickových plechů a šroubů. Jejich délka je 5,16 m.

5.7. STŘEŠNÍ A STĚNOVÝ PLÁŠŤ

Opláštění budovy i střecha bude tvořeno skleněnými tabulemi z nabídky firmy ISOTHERM. Největší rozměr tabule je 4x6,25 m, na konstrukci bylo použito 228 ks skleněných tabulí. Jedná se o vrstvené bezpečnostní sklo s prostorem mezi skly. Podepření je řešeno liniovými podporami na všech hranách.

6. KOTVENÍ A ZÁKLADY

Kotvení sloupů bude provedeno pomocí čtyř chemických kotev HIT-V-R, které budou vlepeny do vyvrtaných otvorů v patním plechu i základové patce. Budou použity lepicí hmoty HIT-HY 200A.

Betonové patky jsou navrženy z betonu pevnostní třídy C16/20. Pod všemi sloupy je navrženo podlití v tloušťce 50 mm z cementové malty pevnosti o třídu vyšší, než je pevnost betonu patky.

7. VÝROBA A MONTÁŽ

V dílně budou zvlášť svařeny všechny dílce vazníků z horních a dolních pásů, svislic a diagonál. Následně budou dopraveny na místo stavby.

Postup montáže:

- Zhotovení betonových základů
- Vztyčení vedlejších sloupů na základy včetně podlití
- Zajištění stability pomocí příhradových ztužidel a paždíků
- Vztyčení hlavních sloupů a zajištění paždíky
- Osazení průběžného příhradového vazníku a postupné připojení ostatních příhradových vazníků
- Osazení nosníků a zajištění stability pomocí ztužidel
- Osazení vaznic na příhradové vazníky a pomocné nosníky
- Po dokončení nosné konstrukce osazení skleněného pláště budovy i střechy

8. POVRCHOVÁ ÚPRAVA

Provedením povrchové úpravy chceme konstrukci zvýšit odolnost proti korozi a požáru. Všechny nátěry musí být provedeny v souladu s platnými normami. Ochrana proti korozi bude provedena základním nátěrem SikaCor Steel Protect VHS Rapid 80 μm a vrchním nátěrem Sika Corro Top 60 μm . Protipožární ochrana bude řešena dle požadavků investora a požadavků požární zprávy. Všechny hrany určené k nátěru se zaoblí, pro dodržení stejné tloušťky vrstvy.

9. ÚDRŽBA KONSTRUKCE

Konstrukce musí být řádně udržována po celou dobu životnosti konstrukce. Stav bude zjištěn odborně způsobilou osobou, prohlídky minimálně jednou za 4 roky.

10. ZÁVĚR

Třída provedení byla stanovena na EXC3. Při realizaci stavby je nutno dodržet veškeré příslušné zákonné vyhlášky a předpisy, zvláště předpisy k BOZP.

Navržené řešení odpovídá předpisům a normám ČSN a EC, je vyhovující z hlediska mezního stavu únosnosti i mezního stavu použitelnosti.

Seznam dokumentů

I. TECHNICKÁ ZPRÁVA

II. (A) VARIANTY ŘEŠENÍ

VÝSTUP Z PROGRAMU SCIA ENGINEER 17.1 – VARIANTA A

VÝSTUP Z PROGRAMU SCIA ENGINEER 17.1 – VARIANTA B

II. (B) STATICKÝ VÝPOČET

VÝSTUP Z PROGRAMU SCIA ENGINEER 17.1 – VARIANTA A

II. (C) VÝKRESOVÍ DOKUMENTACE

01 – PŮDORYS ZASTŘEŠENÍ, M 1:100

02 – PODÉLNÝ ŘEZ, M 1:100

03 – MONTÁŽNÍ VÝKRES, M 1:200

04 – VÝROBNÍ VÝKRES, M 1:15

05 – DETAILS, M 1:15

06 – DETAILS, M 1:15

07 – KOTVENÍ, M 1:100